Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 4, Winter 2023, p. 843-855

Effect of Acetic Acid on the pH of Iron Fertilizer Solution (Sequestrin and Nano) and Its Effect on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Diamant

M. Jafari[1], A.A. Shokouhian[2*], E. Chamani[3], A. Gavidel[4]

Received: 20-07-2021
Revised: 12-02-2022
Accepted: 14-02-2022
Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:
Jafari, M., Shokouhian, A.A., Chamani, E., & Gavidel, A. (2023). Effect of Acetic Acid on the pH of Iron Fertilizer Solution (Sequestrin and Nano) and Its Effect on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Diamant. *Journal of Horticultural Science 36*(4): 843-855. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JHS.2022.71574.1076

Introduction

Iron has a significant effect on the quantity and quality of agriculture products. Factors affecting the absorption of this element increase its efficiency. Meanwhile, the pH of the nutrient solution plays an important role in the absorption of iron. Iron is one of the essential elements for plant growth and plays an essential role in chloroplasts. Due to iron deficiency, the activity of several enzymes such as catalase, cytochrome and oxidase and ferroxin is significantly reduced. The amount of iron in the soil is high, but plants only absorb two-capacity of soluble soil, which is negligible compared to the total iron. Soil environmental conditions affect the amount of iron by the plant, so it is difficult to control the uptake of iron by the plant. It has the highest ability to absorb iron and manganese at pH less than 6. For this reason, acetic acid was used to stabilize the pH of the solution. Acetic Acid is a polar solvent and an organic compound. The use of inexpensive organic acid and citric acid in agriculture, despite its positive effects on calcareous soils and their reasonable price is still not common in Iran. Acetic acid has a carboxylic group and therefore has all the properties of an acid.

Materials and methods

This experiment was carried out in the form of double split-split plot in a completely randomized block design on a strawberry plant of diamant cultivar in the research station of Mohaghegh Ardabili University during the years 2015- 2017. Factors included Acetic Acid (0, 1, 2 and %3), iron in two levels (Sequestrin 25gr and Nano 1gr) along with two levels of agricultural soap agents (0 and % 7/5) as foliar spraying. Foliar application of pH nutrient solution from the three-leaf stage of plant (mid-April) to the end of May a total of five times 10 days apart in both years. Two weeks after the last foliar application (June of the second year) plant growth indices including, total chlorophyll, number of fruits per plant, fruit pH, total acidity, soluble solids, fruit volume, fruit fresh weight, fruit dry weight, and leaf iron content and fruit yield per plant was measured.

Result

The results of this study showed that the three-way interaction of foliar application of Acetic Acid with iron with agricultural Soap on the average concentration of leaf iron and number of fruits at the probability level was %5 and in total chlorophyll at the %1 probability level was significant, the best result in the mentioned traits was the combination of treatment of Acetic Acid %2 with Sequestrin iron with soap Moyan (%7/5). The interaction effect of Acetic Acid and iron type on traits of fruit pH, fruit volume, fruit fresh and dry weight at %5 probability level and in yield at %1 probability level were significant. Fruit volume, fruit fresh weight and fruit dry weight and yield showed the best results due to treatment combination of %2 Acetic Acid with Sequestrin iron fertilizer. But for fruit pH trait, the best results were related to the treatment of Acetic Acid %3 on the leave of Sequestrin iron. The Interaction of the iron and agricultural Soap was significant on the amount of soluble solids at %5

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Shokouhian@ yahoo.com)
4- Associate Professor, Department of Soil Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

probability level and the total acidity strawberries fruit was significant at %1 probability level. In the case of soluble soild and Acidity, Sequestrin iron treatment and agricultural soap had the best results. According to the results of this study, the combination %2 Acetic Acid with of iron fertilizer Sequesterin in combination with agricultural soap Moyan (%7/5) due to the reduction in leaf area tensions improves the obsorption of iron and the quantitative and quality characteristics strawberries.

Conclusion

Based on the findings of this research, it can be concluded that Acetic acid %2, has better result on the absorption of iron fertilizer, along with agricultural soap (% 7/5) application than other treatments and qualitative traits of strawberry fruit. In treatment %2 Acetic acid most measured traits such as total chlorophyll, leaf iron, fresh weight, fruit dry weight and yield has shown a significant increase. Acetic acid by reducing the pH of the cell sauce and increasing the activity of the reductase enzyme increase the iron solubility and easily provides the iron to the plant. Due to the pH alkalinity of most soils in Iran, the use of Acetic acid in iron nutrient solution on the absorption of iron Sequestrin in combination with % 7/5 of agricultural soap due to having a hydrophilic head and a hydrophobic with %40 to %50 increase in effective of foliar fertilizers. As a result, with more absorption it can be an advanced approach to better absorption of iron by plant and increase the quantity and quality in the product.

Keywords: Chlorophyll, Vitamin C, Yield

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۸۵۵-۸۴۳

اثر اسید استیک بر pH محلول کود آهن (سکوسترین و نانو) و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'

معصومه جعفری[۱]- علی اکبر شکوهیان[۲*]- اسماعیل چمنی[۳]- علی اکبر قویدل[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید استیک بر pH محلول‌غذایی آهن (سکوسترین و نانو کود) و تأثیر آن بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'، این پژوهش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال‌های ۱۳۹۴ تا۱۳۹۶ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو ۱ گرم) درکرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، ۱، ۲و ۳ درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌هایی فرعی‌فرعی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر متقابل سه جانبه محلول‌پاشی اسید استیک با آهن همراه با صابون کشاورزی بر میانگین غلظت آهن برگ و تعداد میوه در سطح احتمال پنج درصد و در کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که بهترین نتیجه در صفت‌های ذکر شده از ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با ۷/۵ درصد صابون کشاورزی مویان حاصل شد. اثر متقابل دو جانبه اسید استیک و نوع آهن بر صفت‌های pH آب میوه، حجم میوه، وزن تر و خشک میوه در سطح احتمال پنج درصد و در عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. در صفت‌های حجم میوه، وزن تر میوه، وزن خشک میوه و عملکرد بهترین نتایج مربوط به ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با کود آهن سکوسترین بود.،ولی در صفت pH آب میوه بهترین نتیجه از ترکیب تیماری ۳ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین بدست آمد. اثر متقابل دو جانبه عنصر آهن و صابون کشاورزی بر میزان مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد و اسیدکل میوه‌ی توت فرنگی در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بودند. در مورد صفت‌های مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون، تیمار آهن سکوسترین و صابون کشاورزی مویان، بهترین نتیجه را داشتند. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با ۷/۵ درصد صابون کشاورزی مویان به دلیل کاهش کشش سطح برگ موجب بهبود قدرت جذب آهن محلول غذایی و افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کلروفیل، عملکرد، ویتامین ث

مقدمه

توت‌فرنگی یکی از مهم‌ترین میوه‌های ریز مناطق معتدله است که به دلیل دارا بودن عطر و طعم خاص و ریز مغذی‌های فراوان از ارزش بالایی در تغذیه و سلامت میلیون‌ها انسان برخوردار است (Olsson *et al*., 2004). با توجه به اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای این محصول، کشت و تولید گلخانه‌ای و فضای آزاد آن طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. طبق گزارش سازمان بین‌المللی خوار و بار و کشاورزی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۷، میزان تولید توت‌فرنگی در جهان بیش از نه میلیون تن بوده است که ایران رتبه هجدهم را در میان ۷۶ کشور تولید کننده توت‌فرنگی در جهان دارد (FAO, 2017). آهکی بودن و pH بازی خاک‌های منطقه اردبیل سبب شده است تا جذب عناصر ریز مغذی، به ویژه آهن، به وسیله گیاه توت‌فرنگی دچار مشکل شود. تغذیه صحیح گیاه یک عامل پر

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Shokouhian @ yahoo.com)
۴- دانشیار گروه اموزشی علوم خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
DOI: 10.22067/JHS.2022.71574.1076

اهمیت در مدیریت موفقیت‌آمیز تولید این محصول بوده که از طریق تدوین برنامه‌ریزی و کوددهی مناسب قابل کنترل است. بنابراین، لازم است طی رشد و نمو گیاه طبق اصول علمی نسبت به توصیه کودی اقدام کرد تا نه تنها رشد و عملکرد مطلوبی به دست آید، بلکه کیفیت محصول تولیدی نیز افزایش یابد (Rezaei *et al*., 2020). آهن یکی از عناصر ضروری در تولید محصولات کشاورزی در جهان است و گیاهان برای رشد بهینه و مناسب نیاز به استفاده پیوسته از آن دارند (Kobraee *et al*., 2011). یکی از مشکلات عمده خاک‌های قلیایی که بخش عمده‌ای از خاک مناطق خشک و نیمه‌خشک است، کمبود عنصر آهن قابل استفاده گیاه به‌دلیل pH بالای این خاک‌ها می‌باشد (Etmadiyan and Hasani, 2016). با وجودی که بیشتر خاک‌ها آهن زیادی دارند ولی اغلب آنها به فرم هیدروکسید یا سایر کمپلکس‌های غیرمحلول رسوب کرده و در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد (Thomine and Vert, 2013). به همین دلیل کمبود آهن از مشکلات اساسی در تولید محصولات کشاورزی است. کمبود آهن نه تنها روی کشاورزی و اقتصاد تولید محصولات تاثیر منفی دارد، بلکه باعث کمبود در بدن انسان می‌شود (Cesco *et al*., 2002). بنابراین، استفاده از فرم و شکل مناسب این عنصر به صورت محلول‌پاشی، روشی موثر و کار آمد برای جبران کمبود آن و رسیدن به حداکثر عملکرد در گیاهان می‌باشد (Askari Sarcheshmeh *et al*., 2020). سکوسترین NK حاوی کلات آهن و ترکیب ویژه‌ای از نیتروژن و پتاسیم است ترکیب نیتروژن و پتاسیم موجود در سکوسترین NK به رشد گیاهان کمک کرده، در نتیجه با فراهم آمدن شرایط مطلوب‌تر، امکان جذب بهتر و سریع تر آهن فراهم می‌شود (Hosenei and Bahadori, 2015). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی، استفاده از نانو کودها جهت تغذیه گیاهان می‌باشد (Roosta and Karimi, 2012). با بهره‌گیری از نانو کودها، عناصر غذایی به‌آرامی و با سرعتی مناسب در تمام فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند و به‌دلیل کاهش آبشویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشتر عناصر خواهند بود (Roosta and Karimi, 2012). بی‌کربنات در خاک‌های آهکی عامل بسیار مهمی در ایجاد کلروز آهن می‌باشد و به نوعی نیز مسئول غیر متحرک شدن آهن در بافت‌های گیاهی است. بنابراین، بی‌کربنات، هم از طریق جلوگیری از جذب آهن، و هم از طریق افزایش pH سلول، جذب و انتقال آهن را کاهش می‌دهد (Kalesck *et al*., 2004). بیشترین قابلیت جذب آهن و منگنز در pH کمتر از ۶ است (Hanie *et al*., 2013). در اثر کاهش pH میزان عناصر کم‌مصرف، آهن و منگنز قابل جذب خاک به شدت افزایش می‌یابد (Kazemi, 2013). محلول‌پاشی با محلول‌های دارای pH پایین، ترکیبات رسوب کرده آهن را در سطح برگ متحرک و جذب آن‌ها را تشدید می‌کند (Wallas, 1991). نتایج مطالعات نشان داده است که محلول‌پاشی منابع مختلف آهن از جمله کلات‌ها می‌تواند محتوای کلروفیل برگ، آهن فعال و مواد غذایی برگ در میوه توت‌فرنگی را افزایش دهد (Rezaei *et al*., 2020). مصرف آهن سکوسترین در درخت لیمو باعث افزایش وزن میوه لیمو شد (Salihe, 2008). با فراهم بودن آهن، فتوسنتز افزایش یافته در نتیجه ذخایر فتوسنتزی نیز گسترش می‌یابد و حجم و وزن‌میوه مرکبات بیشتر می‌شود (Khoie, 1992). کاربرد سکوسترین آهن به صورت خاکی در توت‌فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (Hosenei and Bahadori, 2015). محلول‌پاشی اسید استیک باعث افزایش عملکرد درگیاه انگور رقم پیکامی شد (Pozeshe et al., 2009). همچنین عملکرد و کیفیت میوه‌های توت‌فرنگی از طریق محلول‌پاشی با آهن افزایش یافته است (Amaliotis, 2002). صابون کشاورزی مویان بهترین ترکیب جهت اثر بخشی حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کودها جهت محلولپاشی می‌باشد (Jokar, 2020). مکانیزم عمل صابون مویان به نحوی است که با پخش سریع محلول مورد پاشش بر روی برگ باعث نفوذ بهتر آن به درون برگ و گیاه می‌گردد (Jokar, 2020). از صابون کشاورزی بیشتر درکنترل آفات مکنده از جمله پنبه استفاده شده ولی در محلولپاشی صابون مویان اولین گزارشی است که روی میوها از جمله توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفت. در مورد تأثیر اسید استیک بر pH محلول غذایی بر جذب انوع ترکیبات حاوی آهن بر روی توت‌فرنگی اطلاعات محدودی منتشر شده و به نظر می‌رسد لازم است در این زمینه مطالعات بیشتری انجام شود. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات قبل و نظر به اینکه آهن در بسیاری از پدیده‌های فیزیولوژیکی گیاهان نقش اساسی دارد، و از طرفی نیز در اکثر مناطقی که دارای خاک و آب قلیایی هستند، جذب و انتقال عناصر کم مصرف بخصوص آهن با مشکل مواجه می‌باشد، نیاز به پژوهش بیشتری در این رابطه بر روی میوه توت‌فرنگی احساس می‌شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات اسید استیک بر جذب نوع آهن (سکوسترین و نانو) همراه با صابون کشاورزی به منظور قدرت جذب بیشتر برگ‌ها و رفع کمبود این عنصر و افزایش کمی و کیفی محصول توت فرنگی در شرایط خاک‌های اردبیل بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش روی گیاه توت‌فرنگی رقم دیامنت طی سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. شهرستان اردبیل در شمال غرب ایران و در بین دو رشته کوه سبلان و باغرو، که از سلسله جبال البرز است، در فلات دایره مانندی در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۷۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۵۰ متر می‌باشد. اردبیل به‌دلیل داشتن ارتفاع زیاد و وجود

کوهستان‌های اطراف نسبت به سایر شهرهای ایران سردتر است. و جزء مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. گرم‌ترین ماه‌های سال آن تیر و مرداد است که متوسط دمای این ماه‌ها ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه‌های سال دی و بهمن است که متوسط دما در این ماه‌ها ۱/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارندگی این شهر ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است.

قبل از اقدام به تهیه بستر و کاشت، از چند نقطه محل آزمایش از عمق ۲۵- ۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری گردید (جدول ۱). قبل از محلول‌پاشی، pH محلول غذایی همراه با تیمارهای اسید استیک ویژگی‌های خاک محل آزمایش نیز اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک محل

Table 1- Some soil characteristics of the test site

کربن آلی organic carbon	پتاسیم K	آهن Fe	مس Cu	ازت کل Total N	روی Zn
		خاک **Soil** (%)			
1.326	84	84	1.22	98	8.84

پس از آماده‌سازی زمین مورد نظر، در اوایل مهرماه ۹۴ ، نشاهای توت‌فرنگی رقم دیامنت از خزانه تکثیر ارقام توت‌فرنگی زریبار مریوان که در کردستان نتیجه بهتری دارند، تهیه و به اردبیل منتقل شد و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در اواخر آبان ماه با تراکم ۱۰ بوته در هر ۱/۵ متر مربع کشت گردید. به‌منظور حفظ رطوبت و کیفیت بهتر محصول از مالچ پلاستیکی سیاه استفاده شد. در طول آزمایش آبیاری گیاهان نیز به صورت هفتگی و به میزان مساوی برای هر کرت (۲۵ لیتر در هر کرت) انجام شد. و مهار علف‌های هرز با دست صورت گرفت. جهت اعمال تیمارها از محلول اسیداستیک تهیه شده از شرکت بازرگانی آسمان با خلوص ۸۰ درصد، آهن سکوسترین با غلظت حدود ۲۵ گرم به صورت Fe- EDDHA ساخت شرکت سینجنتا و کود نانو محلول در آب حاوی ۷ درصد کلات آهن ساخت شرکت خضراء به میزان ۱ گرم در لیتر و صابون کشاورزی مویان از شرکت مهندسی کشاورزی خزانه‌ای تهیه شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده با ۳ تکرار در مجموع با ۴۸ واحد آزمایش اجرا گردید. تیمارهای آزمایش به صورت محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو ۱ گرم) درکرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، ۱، ۲ و ۳ درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌هایی فرعی‌فرعی قرار گرفتند. نحوه اعمال تیمارها به این صورت بود که قبل از محلول‌پاشی، صابون کشاورزی مویان را کاملاً به هم زده و هر دو سطح آهن (سکوسترین و نانو) را به صورت جداگانه در یک لیتر آب حل کرده سپس محلول اسید استیک به مقدار تعیین شده به آن اضافه گردید. محلول‌پاشی در غروب آفتاب صورت گرفت. و مقدار محلول لازم در هر نوبت اسپری کردن برای هر کرت به حجم یک لیتر به کمک آب‌فشان یک لیتری تعیین شد.

محلول‌پاشی از مرحله سه برگی شدن بوته‌ها (اواسط فروردین ماه تا اواخر اردیبهشت ماه) در مجموع پنج نوبت و به فاصله ۱۰روز از یکدیگر در هر دو سال (۱۳۹۴ و ۱۳۹۶) انجام گرفت. محلول‌پاشی برگی از مرحله سه‌برگی شدن بوته‌ها (اواسط فروردین ماه) تا اواخر اردیبهشت ماه در هر دو سال انجام گرفت. برای مقایسه اثر تیمارها صفت‌های کلروفیل کل به روش آرنون (Arnon, 1949)، غلظت آهن برگ، pH آب میوه، ویتامین‌ث، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون، حجم میوه، وزن تر میوه ، وزن خشک میوه، تعداد میوه در بوته و عملکرد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیرهای غلظت مواد جامد محلول[1] توسط رفراکتومتردستی مدل ۰۰۲- ۹۵۰۰۰ ساخت کشور فرانسه (صفر تا ۳۲ درجه بریکس)، اسید کل از روش عیارسنجی (Ranjbar, 2012) با هیدروکسیدسدیم ۰/۳ NaOH نرمال، pH میوه با پتانسیومتر (pHمتر) (Sadegei *et al*., 2020)، و میزان ویتامین ث میوه با روش ای‌اوای‌سی (AOAC, 1989)[2]اندازه-گیری شدند. وزن تر و وزن خشک میوه، با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱گرم اندازه‌گیری شدند. برای تعیین تعداد میوه و عملکرد، میوه-های هر کرت شمارش و سپس میانگین گرفته شد. تعیین حجم میوه‌ها برحسب سانتی‌مترمکعب یادداشت گردید (Prendergast, 1989). غلظت آهن برگ، توسط هضم با نتیریک اسید و قرائت توسط طیف‌سنج جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Johnson, 1997). تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS16 انجام شده و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

1- TSS
2- AOAC

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که اثر متقابل سه جانبه اسید استیک، نوع کود آهن و صابون کشاورزی بر میانگین تعداد میوه و آهن برگ در سطح احتمال پنج درصد و در رنگدانه کلروفیل‌کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲ و ۳). اثر متقابل دو جانبه عنصر آهن و صابون کشاورزی بر میزان مواد جامد محلول در سطح احتمال پنج درصد و اسیدکل میوه‌ی توت‌فرنگی در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). اثر متقابل دو جانبه اسید استیک و نوع آهن بر صفات pH آب میوه، حجم میوه، وزن تر و خشک میوه در سطح احتمال پنج درصد و در عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲ و ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان دادند، که میزان کلروفیل کل (۱/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به ترکیب تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین با صابون (۷/۵ درصد) حاصل شده است (شکل ۱).

کاربرد کود آهن سکوسترین در درخت هلو منجر به افزایش معنی‌داری در محتوای رنگدانه کلروفیل کل برگ شد (Sanz *et al.*, 2002). افزایش شاخص کلروفیل در تیمار سکوسترین آهن می‌تواند ناشی از تأمین آهن برگ باشد که با نتایج (Schultz *et al.*, 2013) در یک راستا است.

محلول‌پاشی اسید و آهن سکوسترین باعث کاهش pH عصاره سلول شدند. اسیدها از جمله اسید سیتریک و اسید استیک از طریق کاهش pH عصاره سلول برگ باعث افزایش آهن فعال برگ شده و میزان کلروفیل برگ را افزایش داد (Abedi *et al.*, 2004). از طرف دیگر کمبود آهن باعث کاهش کلروفیل و فتوسنتز می‌گردد. برای مثال در برگ اسفناج کمبود آهن از طریق کاهش انتقال ترکیبات فتوسنتزی از فتوسیستم نوری دو به فتوسیستم نوری یک موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد (Mohamadipoor *et al*., 2013). در گیاه توت‌فرنگی نیز با کمبود آهن غلظت کلروفیل در برگ‌ها کاهش یافته و میزان فتوسنتز تحت تاثیر آن قرار گرفته است (Hemantaranjan and Garg, 1988). در نتیجه دلیل افزایش کلروفیل در گیاهان محلول‌پاشی شده با آهن را می‌توان به افزایش آهن درونی گیاه و پاسخ مناسب واکنش شیمیایی

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات رویشی و بیوشیمی توت فرنگی رقم دیامنت

Table 2– The ANOVA forthe effect of experimental treatments on vegetative and biochemical characteristics of strawberry cv. Diamant

منبع تغییرات **Source of variance**	درجه آزادی **Df**	میانگین مربعات **Mean squares**				
		پی اچ **pH**	مواد جامد محلول **TSS**	اسیدیته کل **Tolat acidity**	کلروفیل کل **Total chlorophyll**	محتویآهن برگ **leaf iron content**
Block تکرار	2	2.281 ^{ns}	40/040^{ns}	3/160^{ns}	0.036^{ns}	0.002 ^{ns}
Iron (I)آهن	1	51.841 ^{ns}	48.06^{ns}	* 18.464	0.409*	0.003**
اشتباه اصلی Main error	2	3.715	40.040	1.713	0.006	0.0141
Acetic Acid (AA)اسید استیک	3	0.541**	0.001 ^{ns}	0.150*	0.020*	0.17*
I×AA	3	0.119*	0.001 ^{ns}	0.067 ^{ns}	0.098**	0.316*
اشتباه فرعی Sub error	12	0.029	0.001	0.0360	0.006	0.001
Soap (S)صابون	1	0.184 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.062**	0.036**	0.001**
I×S	1	0.016^{ns}	0.001*	0.001**	0.018^{ns}	0.027*
AA×S	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.028*	0.022*
I×AA×S	3	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.115 ^{ns}	0.015 **	0.046*
اشتباه فرعی‌فرعی Sub sub error	16	0.021	1.37	0.001	0.003	0.002
C.V (%) ضریب تغییرات	-	9.18	8.64	18.6	8.21	15.80

ns، * و **: به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات عملکرد و اجزای توت‌فرنگی رقم دیامنت

Table 3– The ANOVA for the effect of experimental treatments on yield characteristics and yield components of strawberry cv. Diamant

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
		تعداد میوه در بوته Fruit number per tplant	حجم میوه Fruit volume	وزن تر میوه Fresh weight of fruit	وزن خشک میوه Dry weight of fruit	عملکرد Yield
تکرار Block	2	12.398ns	14.938*	52.170*	ns 0.020	348.289ns
آهن Iron (I)	1	73.137**	96.333**	*21.614	10.083*	141434.588*
اشتباه اصلی Main error	2	0.366	0.170	1.127	0.623	253.932
اسید استیک Acetic Acid (AA)	3	1.540	2.085 *	1.545**	0.743*	1380.147 **
I×AA	3	2.414*	2.414*	0.399*	0.508*	875.0875**
اشتباه فرعی Sub error	12	0.672	0.422	0.074*	0.172	125.645
صابون Soap (S)	1	0.008 ns	0.008 ns	1.845 *	0.168 ns	22.667 ns
I×S	1	1.639*	1.203 ns	0.068 ns	0.103ns	489.490ns
AA×S	3	ns ۰0.174	0.175 ns	0.068 ns	0.188 ns	754.574 ns
I×AA×S	3	0.884*	0.385 ns	0.099 ns	0.105 ns	44.96ns
اشتباه فرعی‌فرعی Sub sub error	16	0.290	0.324	0.343	0.095	217.868
ضریب تغییرات C.V (%)	-	8.17	10.81	8.25	9.45	21.6

ns، * و **: به ترتیب به معنی غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

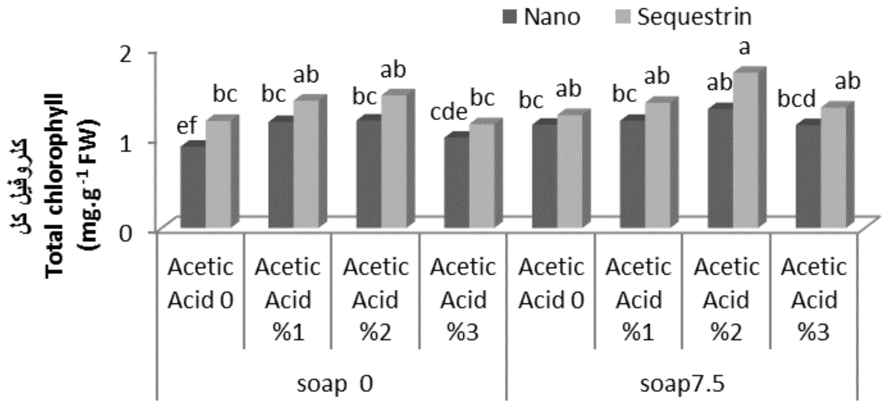
ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

مرتبط با تولید کلروفیل ربط داد (Rezaei *et al.*, 2020).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ترکیب تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) باعث افزایش معنی‌داری در غلظت آهن برگ و تعداد میوه در مقایسه با تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب با کود آهن نانو و صابون شاهد شده است (شکل‌های ۲ و ۳). عنصر آهن با فعال کردن سیستم‌های آنزیمی و متابولیکی باعث افزایش سنتز پروتئین و قندها شده و در نتیجه در گلدهی و تعداد میوه تأثیر گذار می‌باشد (Rutter *et al.*, 1988). در تیمار اسید استیک ۲ درصد میانگین غلظت عنصر آهن برگ افزایش قابل توجهی نشان داده است. در توجیه نتایج بدست آمده باید گفت که افزایش غلظت آهن برگ با افزایش اسید استیک می‌تواند به علت افزایش حلالیت آهن III بر اثر pH پایین و همچنین تحرک آن باشد و از طرفی کاهش pH می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز و در نتیجه افزایش سرعت تبدیل آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی شود که در نتیجه منجر به بالا رفتن غلظت این عنصر در تیمارهای حاوی اسید استیک می‌شود (Bavarsco *et al.*, 1999).

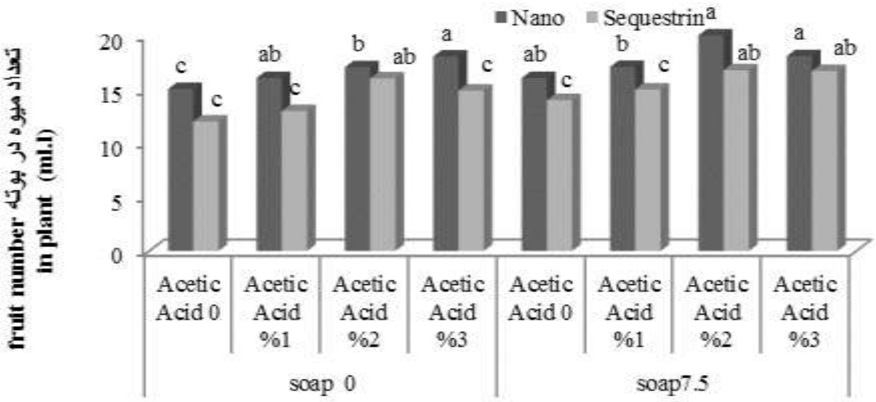
محلول‌پاشی آهن باعث افزایش عناصر غذایی برگ در میوه سیب رقم گالا شد (Sadegei *et al.*, 2020). اغلب بین آهن کل در برگ‌ها و شدت کلروز همبستگی کاملی وجود ندارد (Pestana *et al.*, 2003). نتایج به دست آمده در این پژوهش بر عدم وجود روند تغییرات ثابت در مورد غلظت آهن برگ با نتایج بعضی پژوهش‌های میرسلیمانی (Mirsolimani and Tafazoli, 2005) روی انگور مطابقت دارد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داده‌اند (جدول ۳) که کاربرد اسید استیک ۲درصد با آهن سکوسترین، میانگین وزن تر، وزن خشک و حجم میوه را به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها افزایش داده است (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). با فراهم بودن آهن، فتوسنتز افزایش یافته در نتیجه تولید و ذخیره مواد نیز افزایش می‌یابد و به تبع آن اندازه، حجم و وزن میوه بیش‌تر می‌شود (khoie, 1992). حجم و وزن میوه تأثیر زیادی در

بازارپسندی بیشتر میوه‌ها دارد (Minchin *et al.*, 2003) کارهای مدیریتی مانند گرده‌افشانی، آبیاری، و عملکرد می‌توانند رشد میوه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. تدارک بازاریابی یک محصول نیازمند برآورد دقیق میانگین حجم و اندازه میوه است که تا حد ممکن بایستی در اوایل رشد آن انجام شود (Hanie *et al.*, 2013). آهن باعث افزایش وزن تر و خشک میوه می‌شود (Àlvarez-Fernàndez, 2006). افزایش ماده خشک میوه را می‌توان ناشی از افزایش فتوسنتز و کربوهیدرات برگ فعال دانست (Àlvarez-Fernàndez, 2006). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ترکیب تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد میوه در مقایسه با تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب با کود آهن نانو شده است (شکل ۷). کاربرد سکوسترین آهن به صورت خاکی در توت‌فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (Fiezie *et al.*, 2007). محلول‌پاشی اسید استیک باعث افزایش عملکرد درگیاه انگور رقم پیکامی شد (Pestana *et al.*, 2003). کاربرد اسید استیک بدلیل کاهش pH شیره سلولی و اسیدی کردن محلول عنصر آهن را مستقیم و بدون واسطه در اختیار گیاه قرار می‌دهد، جذب و انتقال عناصر را بهبود بخشیده و عملکرد را افزایش می‌دهد (Pestana *et al.*, 2003). گزارش‌های فوق با نتایج این بررسی در یک راستا می‌باشد. بر این اساس محلول‌پاشی اسید استیک ۲ درصد باعث جذب بهتر آهن سکوسترین شده، و در نتیجه با اسیدی شدن محلول شرایط برای جذب آهن توسط گیاه بهبود می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اثر متقابل محلول استیک اسید ۳ درصد در ترکیب با آهن سکوسترین در مقایسه با استیک اسید شاهد و آهن نانو بهترین نتیجه را داشت (شکل ۸). محلول‌پاشی آهن سکوسترین باعث افزایش pH میوه توت‌فرنگی می‌شود (Babaye *et al.*, 2015) که با نتایج کاظمی (Kazemi, 2013) روی گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان دادند که تیمار آهن سکوسترین با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) بیش‌ترین (۸/۶۵ بریکس) مواد جامد محلول و اسید کل (۲/۸۹درصد) را داشتند و آهن نانو با صابون کشاورزی شاهد دارای کم‌ترین میزان مواد جامد محلول (۵/۴۱ بریکس) و اسیدکل (۱/۱۷ درصد) بودند (شکل‌های ۹ و ۱۰). نتایج مطالعه مشابه نشان داد که با کاربرد آهن میزان مواد جامد محلول در مرکبات (Pestana *et al.*, 2003) سیب (Mansouri *et al.*, 2017) و انگور (Karimi, 2017) افزایش یافت. مصرف آهن سکوسترین با تأثیر بر عمل فتوسنتز و تولید مواد ساکارزی باعث افزایش غلظت قند و افزایش شاخص بریکس میوه مرکبات می‌شود (Rutter *et al.*, 1988). همچنین دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول در اثر کاربرد آهن، افزایش آهن درون گیاه می‌باشد (Malakouti and Tabatabaei, 1999). صابون کشاورزی موبان باعث شستشوی برگ و سهولت تنفس و عمل فتوسنتز و کربن‌گیری را افزایش می‌دهد، در نتیجه باعث افزایش ماندگاری محلول روی برگ و جذب بیشتر محلول می‌شود. نتایج به‌دست آمده در رابطه با اثر آهن بر میزان اسیدیته کل میوه نیز با نتیجه پژوهش رسولی و ملکوتی (Rasolie and Malakooti, 1999) روی مرکبات مطابقت دارد. تیمار با آهن سکوسترین سبب حفظ اسیدیته کل شد (Askari Sarcheshmeh *et al.*, 2020). گزارش شده محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی به دلیل افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید اسیدهای آلی سبب افزایش اسیدیته کل در میوه‌های هلو می‌شود (Ali *et al.*, 2014).



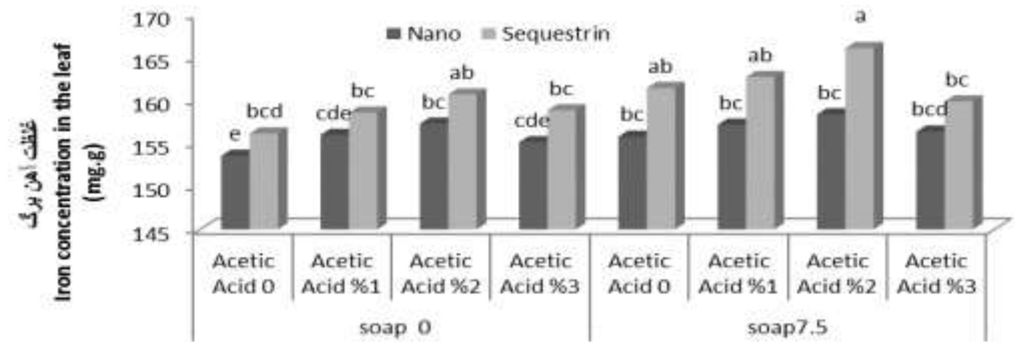
شکل ۱- اثر سه‌گانه اسید استیک ×نوع کود آهن × صابون بر محتوی کلروفیل کل برگ توت‌فرنگی رقم 'دیامنت'

Figure 1- Interaction effects of acetic acid × types of iron fertilizers×soap on total chlorophyll content in strawberry leaf cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



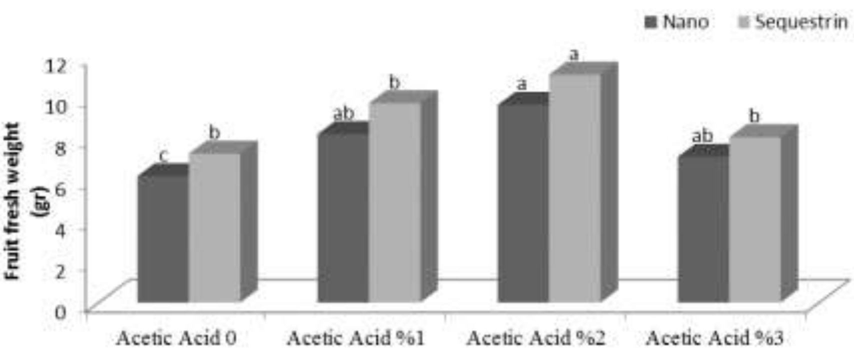
شکل ۲- اثر سه‌گانه اسید استیک × نوع کود آهن ×و صابون (بر تعداد میوه در بوته توت‌فرنگی رقم دیامنت)

Figure 2- The interaction effect of acetic acid × types of iron fertilizer × soap) on fruit numbers strawberry cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



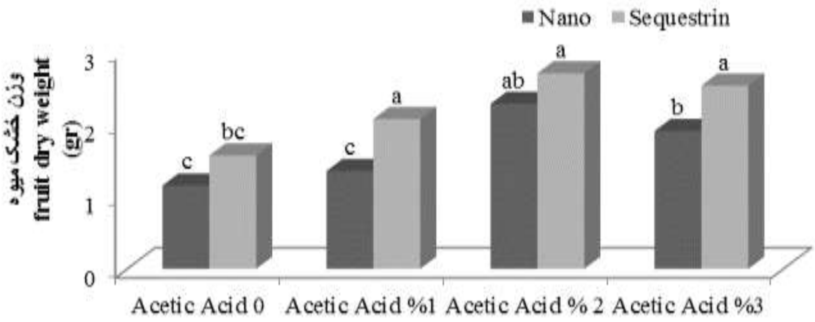
شکل ۳- اثر سه‌گانه اسید استیک × نوع کود آهن ×صابون بر غلظت آهن برگ توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 3- The interaction effect of acetic acid × types of iron fertilizer ×Soap on iron concentration of strawberry cv. Diamant leaf (DMRT, *p≤0.05*)



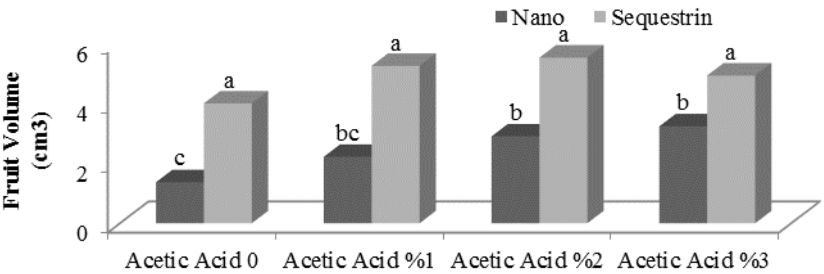
شکل ۴- اثر متقابل اسید استیک ×نوع کود آهن بر وزن‌تر میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 4– The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on fruit fresh weight of strawberry cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



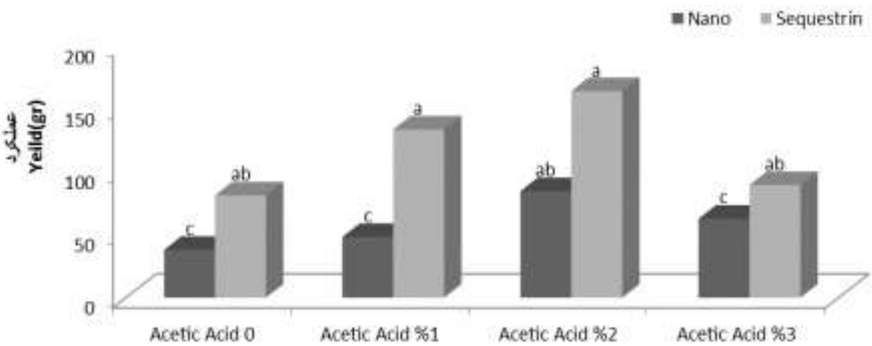
شکل ۵- اثر متقابل اسید استیک × نوع کود آهن بر وزن خشک میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 5- The interaction effect of acetic acid ×iron fertilizer type on fruit dry weight of strawberry cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



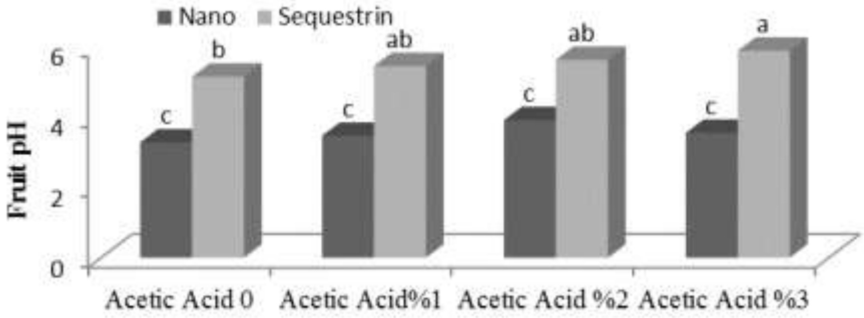
شکل ۶- اثر متقابل اسید استیک ×نوع کود آهن بر حجم میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 6- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on fruit volume of strawberry cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



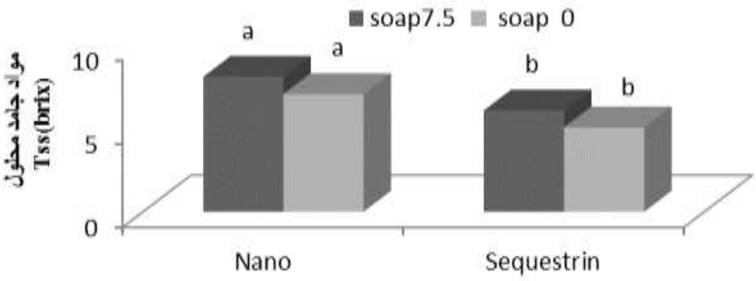
شکل ۷- اثر متقابل اسید استیک ×نوع کود آهن بر عملکرد توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 7- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type) on the yield of strawberry cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



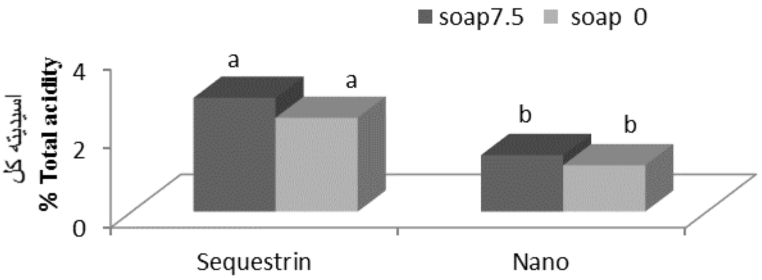
شکل ۸- اثرمتقابل اسید استیک ×نوع کود آهن بر pH میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 8- The interaction effect of acetic acid × iron fertilizer type on the fruit pH of strawberry cv. Diamant (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۹- اثرمتقابل نوع کود آهن ×صابون بر مواد جامد قابل حل (بریکس) میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 9- The interaction effect of iron fertilizer type × soap on the TSS contentof the strawberry cv. Diamant fruit (DMRT, *p≤0.05*)



شکل ۱۰- اثرمتقابل نوع کود آهن ×صابون بر اسید کل میوه توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 10- The interaction effect of of iron fertilizer type ×soap on the total acidity of strawberry cv. Diamant fruit (DMRT, *p≤0.05*)

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که محلول‌پاشی اسید استیک ۲درصد بر جذب کود آهن سکوسترین همراه با کاربرد صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها بر صفات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی داشت. در تیمار اسید استیک ۲ درصد، میانگین اغلب صفت‌های اندازه‌گیری شده از جمله کلروفیل کل، غلظت آهن برگ، تعداد میوه در بوته، میانگین وزن تر، وزن خشک و حجم میوه و عملکرد افزایش قابل توجهی نشان داده است. اسید استیک با کاهش pH شیره سلولی و افزایش فعالیت آنزیم ردوکتاز باعث افزایش حلالیت آهن شده و به راحتی آهن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. با توجه به قلیایی بودن اکثر خاک‌های مناطق ایران، مصرف اسید استیک در محلول غذایی آهن بر جذب آهن سکوسترین در ترکیب با (۷/۵ درصد) صابون کشاورزی به دلیل داشتن یک سر آب‌دوست ویک زنجیره آب‌گریز با افزایش اثربخشی ۴۰ تا ۵۰ درصد کودهای محلول‌پاشی می‌گردد و مدت اثربخشی آن را افزایش می‌دهد. در نتیجه با جذب بیشتر می‌تواند رهیافت امیدبخشی برای جذب بهتر آهن توسط گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول باشد.

منابع

1. Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology 24*(1): 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1.
2. AOAC. (1989). *Official methods of analysis*, 14th (ed.). Association of Official Agricultural Chemist, Washington. DC. pp. 241-254.
3. Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S., & Karapetsas, N. (2002). Leaf nutrient levels of strawberries (*Tudla. cv*) in relation to crop yield. *Acta Horticulturae* 567: 447-450. https://doi.org/10.17660/Acta Hortic.2002.567.93.
4. Abedi Geshlage, E., & Tafazole Bandary, E. (2004). The effect of foliar application of ferrous sulfate and citric acid on the quantitative and qualitative properties of tomatoes. *Sciences and Natural Resource 4*(11): 71-80. (In Persian)
5. Àlvarez-Fernàndez, A., Abadía, J., & Abadía, A. (2006). Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. *Iron Nutrition in Plants and Rhizosphere Microorganisms* pp: 85-101. https://doi.org/10.1007/1-4020-4743-6-4.
6. Ali, A., Perveen, S., Shah, S N M., Zhang, Z., Wahid, F., Shah, M., & Majid, A. (2014). Effect of foliar application of micronutrients on fruit quality of peach. *American Journal of Plant* 5: 1258-1264. https://doi.org/10.4236/ajps.2014.59138.
7. Askari Sarcheshmeh, M.A., Shokri Heydari, H., Babalar, M., Ahmadi, A., & Ranjbar Malidarreh, T. (2020). The effect of pre-harvest spray of iron sequestrine and salicylic acid on some quality characteristics of (*Zaferani*) peach fruit during storage. *Iranian Journal of Horticultural Science 2*(51): 345-354. (In Persian)
8. Bavarsco, L., Giachin, E., & Colla, R. (1999). Iron chlorosis pared in grapevine. *Journal Plant Nutrition* 22: 1589-1594.
9. Babaye, Z., Hidare, M., Salehi Salme, M.R., Nadeyan, H.A., & Alime, S. (2015). *Effect of iron fertilizer application quality on strawberry (Fragaria×ananassa Duch)* cv. Diamant. 9th Congress Horticulture Ahvaz. Iran. (In Persian)
10. Cesco, S., Nikolic, M., Römheld, V., Varanini, Z., & Pinton, R. (2002). Uptake of 59 Fe from soluble 59 Fehumate complexes by cucumber and barley plants. *Plant and Soil 241*(1):121-128. https://doi.org/10.1023/A:1016061003397.
11. Etmadiyan, M., & Hasani, A. (2016). *Necessity of production and application of organic acids in Iranian soils*. 3th conference in the new findings in the environment and agricultural ecosystem. http:// civilica. Com/doc/586813/. (In Persian)
12. Fiezie, J., Keshavarz, P., & Amirahmadie, A. (2007). *Study effect application of sol fat iron and sulfate Zn fertilizers on quality and yield crop sugar beet*. 10th International on Press research soil and water. Pp. 617–618. (In Persian)
13. FAO. (2017). faostat Agricultural Statics Database. http://faostat3.fao.org/. accessed on April 15. 2016.
14. Hemantaranjan, A., & Garg, O.K. (1988). Iron and Zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum* L. *Journal Plant Nutrition* 11: 1439-1450. https://doi.org/10.1080/01904168809363900.
15. Hall, A.J., McPherson, H.G., Crawford, R.A., & Seager, N.G. (1996). Using early-season measurements to estimate fruit volume at harvest in kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science 24*(4): 379-391.
16. Hanie, A., Javadie, A., & Davarie, H. (2013). *Botany and soil*. Second edition. Press sobhan: pp.52-57. (In Persian)
17. Hosenei, Y., & Bahadori, M. (2015). The effects of Source, Amount and method of iron application on quantitative and qualitative characteristics and profitability rat oF Strawberry *(Fragaria×ananassa Duch) Science and Technology of Greenhouse Cultivation 7*(28).
18. Johnson, R.S., Mitchell, F.G., & Costa, G. (1997). Nitrogen influences kiwifruit storage life. *Acta Horticulture* 444: 285-291. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.444.44.
19. Jokar, L., Ronagie, A., Karimiyan, N., & Fasayie, R. (2013). *The Effect of different levels of iron from iron than nanoparticles and iron secostrin on the growth and concentration of some vegetable bean nutrients in a calcareous soil.* Science and technology of greenhouse cultivation. 6th year Number 22 pp. 9-10. (In Persian). https://doi.org/10.18869/acadpub.eigcst.6.2.9.
20. Jokar, M. (2020). *Application of insecticide soap in important cotton sucker control*. Research Organization, Training and Promotion of Agriculture, Agricultural Education Publishing. Tehran, Iran. pp. 20. (In Persian)
21. Khoie, S. (1992). *Principles of citrus fruit nutrition ministry of culture and Islamic Guidance*. pp.111-132. (In Persian)
22. Kalesck, H., Honer, W., & Schaller, K. (2004). Effects of bicarbonate and phosphate on iron cholorosis of grap vines with special regard to the susceptibilty of two root stocks. Part 11. Pot experiments. *Journal Plant Nutrtion* 10: 231-249. https://doi.org/10. 1080/01904168709363568.
23. Kazemi, M. (2013). Effects of Zn, Fe and their Combination Treatments on the growth and yield of tomato.

Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 3(1): 109-114.

24. Kobraee, S., NoorMohamadi, N., Heidari Sharifabad, H., Darvish Kajori, F., & Delkhosh, B. (2011). Influence of micronutrient fertilizers on soybean nutrient composition. Iranian *Journal Horticulture Sciences Technological* 4: 763-769. https://doi.org/10. 1007/1-4020-4743-6-4.
25. Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyaminesand soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae* 215: 184-194. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.12.018.
26. Malakouti, M.J., & Tabatabaei, S.J. (1999). *Proper nutrition of fruit trees for improving the yield and quality of horticultural crops in Iran*. Agricultural Education Publications. Karaj, Iran. 5: 51-56.
27. Minchin, P.E.H., Richardson, A.C., Patterson, K.J., & Martin, P.J. (2003). Prediction of final weight for Actinidia chinensis 'Hort16A' fruit. New Zealand *Journal of Crop and Horticulture Science 31*(2): 147-157. https://doi.org/10.1080/01140671.2003.9514247.
28. Mirsolimani, A., & Tafazoli, E. (2005). *Effect of nutrient solution pH on the absorption of iron in four cultivars of grape (Vitis vinifera* L.*)*. Research and construction in agriculture and horticulture pp 71. (In Persian)
29. Mohamadipoor, R., Sedaghathoor, S., & Mahboub Khomami, A. (2013). Effect of application of iron fertilizers in two methods foliar and soil application' on growth characteristics of *(Spathyphyllum illusion*). *Iranian Journal Horticulture Sciences Technological 3*(1): 232-240.
30. Mansouri, S., Babalar, M., Kalantari, S., & Askary Sarcheshmeh, M.A. (2017). Effect of the foliar spraying of iron and soil application of the ammonium nitrate on postharvest quality of apple Delbar stival. *Iranian Journal of Horticultural Science* 48: 503-515.
31. Olsson, M.E., Ekval, J.M., Gustavsson, K., Nilsson, J., Pillai, D., Sjoholm, I., Svensson, U., Akesson, B., & Nyman, M. (2004). Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberry *(Fragaria×ananassa Duch)* effects of cultivar, ripening, and storage. *Agriculture Food Chemistry* 52: 2490-2498. https://doi.org/10.1021/jf030461e.
32. Prendergast, P.T., McAneney, K.J., Astill, K.J., Wilson, A.D., & Barber, R.F. (1987). Kiwifruit water extraction and fruit expansion. *New Zealand Journal of Agricultural Research 15*(3): 345-350. https://doi.org/10. 1080/03015521.1987.10425580.
33. Pestana, M., de Varennes, A., & Faria, E.A. (2003). Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: A review. *Journal of Food Agriculture and Enviroment 1*(1): 46-51. http://hd1.handle. net/10400.1/7420.
34. Pozeshe, R., Zabehei, H., Moghadam, M.R., Rajabzade, M., & Moghtari, A. (2009). Yield and yield components of grape (*Vitis vinefera peykami cv*) as affected by foliar application of zinc, humic acid and acetic acid. *Journal of Horticultural Science 25*(3): 351-360. (In Persian)
35. Rutter, K.B., Williams, D.B., & Goldstein, J.T. (1988). Low temperature phase transformation in the metallic phases of iron and stony-iron meteorites. *Geochemical at Cosmochimica Acid 52*(3): 617-625.
36. Rasolie, M.J., & Malakooti, M.J. (1999). Necessity to provide micro nutrient and discuse control through injection into the trunk of fruit trees. *Journal of Water and Soil Research Institute* pp. 115. (In Persian)
37. Roosta, H.R., & Karimi, H.R. (2012). Effects of alkali-stress on ungrafted and grafted cucumber plants: using two types of local squash as rootstock. *Journal of Plant Nutrition 35*(12): 1843-1852.
38. Ranjbar, R., Eshgie, N., & Rostami, M. (2012). The effect of nickel sulfate and urea on reproductive growth and qualitative and quantitative character of strawberry fruit of *(Pajaro variety*) greenhouse cultivation *Journal of Greenhouse Culture Science and Technology* 2(3): 41-48. (In Persian). http://jspi.iut.ac.ir/article-1-238-fa.html.
39. Rezaei, S., Amiri, M.E., Bahari, A., Razavi, F., & Soleimani Aghdam, M. (2020). Influence of iron leaf nutrition on chlorophyll content and some antioxidant enzyme activities of strawberry fruitcv. Camarosa. *Horticultural Plants Nutrition 3*(2): 1-16. (In Persian). https://doi.org/1022070/HPN.2020.5536.1099.
40. Sanz, M.,Ironero, J., & Abadia, J. (1992). iron chlorosis in the Ebro river basin, Spain. *Journal Plant Nutrition* 15: 1971-1981. https://doi.org/10.1080/01904169209364451.
41. Salihe, F. (2008). *Understanding soil and nutrient of pistachio trees*. Research in state of the country. Rafsanjani.pp. 101. (In Persian)
42. Schultz, H., Dunst, G., & Glaser, B. (2013). Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development 33*(4): 817-827.
43. Sadegei, A., Babalar, M., & Talayei, A. (2020). Effect of iron and zinc foliar application on the performance of qualitative properties and concentration of leaf and fruit elements *(Malus domestica cv. Gala)*. *Iranian Journal of Horticulture* 4: 965-977. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.228844.1204.
44. Tabatabaei, S.J. (2013). *Principle of plant mineral fertilizers (theoretical and practical concepts)*. First edition Tabriz university press. pp. 544. (In Persian)
45. Thomine, S., & Vert, G. (2013). Iron transport in plants: better be safe than sorry. *Current Opinion Plant Biology 16*(3): 322-327. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.01.003.
46. Wallas, A. (1991). *Rational approach ti Iron defincincy, other plant breeding and the choice of resistant cultivars*. International symposium on iron nutrition and interactions in plants 130: 281-28.